


## METHOD FOR REPAIRING OF FRICTION STIR JOINT

**Patent number:** JP2002001552  
**Publication date:** 2002-01-08  
**Inventor:** YAMASHITA SEIICHIRO; INUZUKA MASAYUKI  
**Applicant:** KAWASAKI HEAVY IND LTD  
**Classification:**  
 - International: B23K20/12; B23K20/24  
 - european:  
**Application number:** JP20000182594 20000619  
**Priority number(s):**

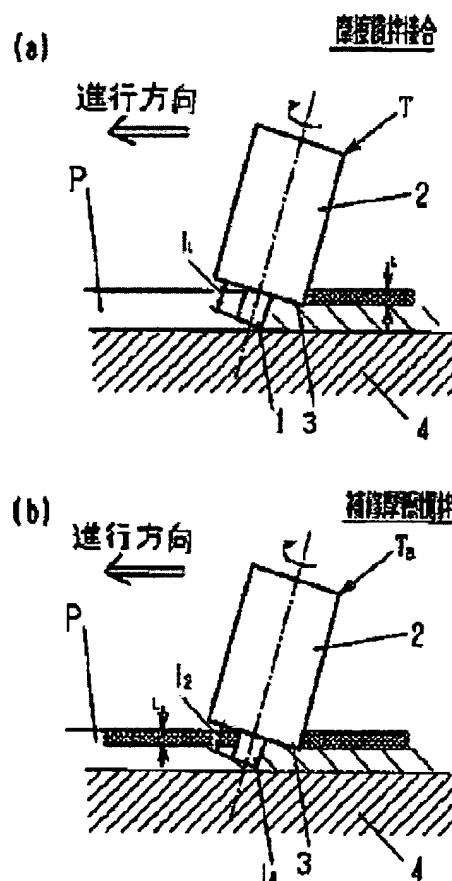
Also published as:

 JP2002001552 (A)

### Abstract of JP2002001552

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for repairing without impairing advantages of a friction stir joint coupling in repairing a defective joint part of friction stir joint.

**SOLUTION:** In partly repairing the friction stir joint, the defective joint part of the friction stir joint is brought into re-friction stir joint as it is using a friction agitation tool for repairing which is equipped with a pin shorter than the length of a pin of a jointing tool for the friction stir joint. Since a part applied the friction stir joint is again brought into the friction stir joint using the same type of tool and is jointed again by softening the defective part with the friction stir heat, e.g. defects by a tunnel or depression are squashed by the re-friction stir joint and completely disappeared, and surface smoothness of a repaired joint part is not impaired. Furthermore, since this repair is conducted by the re-friction stir joint, lowering quality such as thermal effect or lowering in coupling efficiency by repair is not caused.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-1552

(P2002-1552A)

(43) 公開日 平成14年1月8日(2002.1.8)

(51) Int. CL <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターム(参考)
B 2 3 K 20/12	3 1 0	B 2 3 K 20/12	3 1 0 4 E 0 6 7
20/24		20/24	
B 2 3 K 31/00		31/00	D

審査請求 有 請求項の数4 O L (全 4 頁)

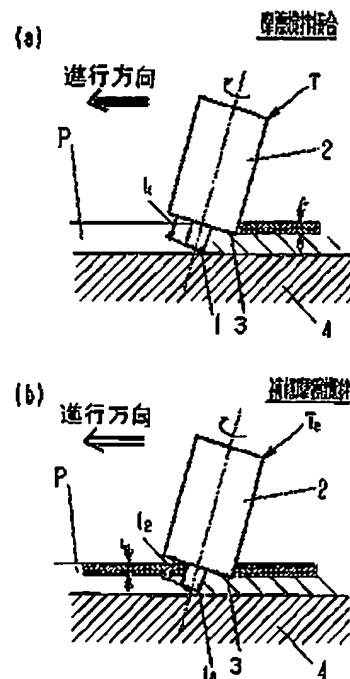
(21) 出願番号	特願2000-182594(P2000-182594)	(71) 出願人	000000974 川崎重工株式会社 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(22) 出願日	平成12年6月19日(2000.6.19)	(72) 発明者	山下 政一郎 神戸市兵庫区和田山通2丁目1番18号 川崎重工株式会社兵庫工場内
		(72) 発明者	大塚 雅之 神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工株式会社神戸工場内
		(74) 代理人	100110386 弁理士 岡田 敏雄 Fターム(参考) 4E067 AA05 BG00 DD00

(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合の補修方法

(57) 【要約】

【課題】摩擦攪拌接合の接合不良部を補修するについて、摩擦攪拌接合継ぎ手の利点を損なわない補修方法を工夫すること。

【解決手段】摩擦攪拌接合を部分的に補修するについて、上記摩擦攪拌接合の接合工具のピンの長さよりも短いピンを備えた補修用摩擦攪拌工具で、摩擦攪拌接合の不良接合部をそのままの状態で再摩擦攪拌すること。摩擦攪拌接合された部分を同様の工具で再度摩擦攪拌してその摩擦攪拌熱で不良接合部を軟化させて再接合させるものであるから、例えばトンネルによる不良、くぼみによる不良が再摩擦攪拌により潰されて完全に消滅し、また、補修された接合部の表面平滑さも損なわれることはない。また、再摩擦攪拌接合による補修であるから、補修による熱的影響、継ぎ手効率の低下などの品質低下はない。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 摩擦攪拌接合を部分的に補修するについて、摩擦攪拌接合の不良接合部をそのままの状態で、上記摩擦攪拌接合の接合工具のピンよりも短いピンを備えた補修用摩擦攪拌工具で再摩擦攪拌する摩擦攪拌接合の補修方法。

【請求項2】 上記補修用摩擦攪拌工具のピンの長さが摩擦攪拌接合用の接合工具のピンの長さよりも0.5～1.0mm短かい請求項1の摩擦攪拌接合の補修方法。

【請求項3】 上記補修用摩擦攪拌工具のピンの直径が摩擦攪拌接合用の工具のピン直径の1.0～1.2倍である請求項1または請求項2の摩擦攪拌接合の補修方法。

【請求項4】 上記補修用摩擦攪拌工具の回転速度を摩擦攪拌接合の接合工具の回転速度とほぼ同じにした請求項1乃至請求項3の摩擦攪拌接合の補修方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は摩擦攪拌接合の補修方法に関するものであり、補修作業を簡単容易にし、補修した後の仕上がりを良好にすることができるものである。

## 【0002】

【従来の技術】 アルミ板の接合に摩擦攪拌接合が用いられているが、鉄道車両の床板、側板などに使用されるアルミ型材等の継ぎ手の長さは極めて長い。他方、板材Pの摩擦攪拌接合は、図1、図2に示すようにアルミ板Pを支持板4上で突き合わせた状態で行われて突き合わせ面及び接合部の上面が接合工具Tのピン1及び工具本体2の肩部3との摩擦熱で加熱軟化され、突き合わせ面が接合される。接合工具Tは硬質金属部材であり、その先端に突設された比較的細いピン1が前進方向の強い抵抗を受けながら高速で回転するものである。ダブルスキン型材などのアルミ板は型成形されるため、長尺のものほどその直線性が低下し、これを突き合わせたとき開先面に隙間ができてしまう。このため、支持板4上で突き合わせた板P、Pを万力などで溝方向に押し付けて開先の隙間を可及的に小さくしておいて摩擦攪拌接合が行われる。しかし、開先隙間が部分的に大きくなり、そのために部分的に接合不良が生じることが少なくない。また、摩擦攪拌接合装置のヘッドはXYZ座標軸の各軸方向にその位置を制御されるものであり、接合工具Tが開先を追跡するように制御される。しかし、接合工具の開先隙間の中心からのずれが実際には避けられず、このずれの大きさが接合不良を生じる大きな要因の一つになっている。この他にも部分的に接合不良を生じる要因が様々なある。そして、接合工具Tのピン1による攪拌作用で空気が巻き込まれるなどのために、例えば継ぎ手Jの内部に長手方向の微細な空洞（通常「トンネル」と称されるもの。図3（a）参照）ができるなどの内部欠陥、継ぎ手Jの表面にくぼみ（図3（b）参照）ができる表面欠

## 2

陥などが、接合部不良の代表的なものである。他方、摩擦攪拌接合による継ぎ手については、接合不良部があると、この部分がウイークポイントになり、ここから亀裂が入り、この亀裂が成長して継ぎ手破壊に至る可能性がある。このため継ぎ手全長について超音波探傷、目視検査などの検査を行って接合不良部を特定してこれを補修することが行われる。特定された接合不良部を削除し、その部分を溶接して再度接合するという補修方法が一般的に採用されている。このような従来の補修方法による場合は、摩擦攪拌接合継ぎ手の途中で溶接継ぎ手が部分的に介在することになるので、接合継ぎ手の一貫性が損なわれ、また摩擦攪拌接合の利点、すなわち強度の熱的影響を受けておらず、また、継ぎ手効率が高いので継ぎ手品質が高いこと、継ぎ手表面が極めて平滑であり、継ぎ手表面の平滑化加工が不要であることなどの利点が大きく損なわれることになる。また、溶接による補修は摩擦攪拌接合装置とは別個の溶接装置を用いることになるので、補修のためのコストが割高になる。この問題を回避するには、接合不良の発生を完全に防止するのが最善の策であるが、接合不良を完全に防止することができないという現実からすれば、摩擦攪拌接合継ぎ手の利点を損なわない補修方法が求められる。

## 【0003】

【解決しようとする課題】 そこでこの発明は、摩擦攪拌接合の接合不良部を補修するについて、摩擦攪拌接合継ぎ手の利点を損なわない補修方法を工夫することをその課題とするものである。

## 【0004】

【課題を解決するために講じた手段】

【解決手段1】 上記課題を解決するために講じた手段1は、摩擦攪拌接合を部分的に補修するについて、次の（イ）及び（ロ）によるものである。

（イ）摩擦攪拌接合の不良接合部をそのままの状態で補修用摩擦攪拌工具で再摩擦攪拌すること、（ロ）上記の補修用摩擦攪拌工具のピンの長さが、上記摩擦攪拌接合の接合工具のピンよりも短いこと。

## 【0005】

【作用】 摩擦攪拌接合された部分を同様の工具で再度摩擦攪拌してその摩擦攪拌熱で不良接合部を軟化させて再接合させるものであるから、例えばトンネルによる不良、くぼみによる不良が再摩擦攪拌により潰されて完全に消滅し、また、補修された接合部の表面の平滑さも損なわれることはない。また、再摩擦攪拌接合による補修であるから、補修による熱的影響、継ぎ手効率の低下などの品質低下はない。また、補修用摩擦攪拌工具のピンの長さを摩擦攪拌接合工具のピンよりも短くしたこと、補修のための再摩擦攪拌深さを補修に必要な限度に止め、再摩擦攪拌による悪影響を最小限度に抑制することができ、再摩擦攪拌で軟化した材料が接合下面に垂れて軟化材料が逸出されることはないから、再摩擦攪拌に

よる補修部の表面の平滑性、他の接合表面との連続性が損なわれることなく、補修後の接合表面の仕上げ加工は必要ない。

#### 【0006】

【実施態様1】実施態様1は上記の補修用摩擦攪拌工具のピンの長さを摩擦攪拌接合用の接合工具のピンの長さよりも0.5～1.0mm短くしたことである。

【作用】補修用摩擦攪拌工具のピンの長さが摩擦攪拌接合用の接合工具のピンの長さよりも0.5～1.0mm短いことで、再摩擦攪拌の深さが接合欠陥を解消するために必要な限度に止められる。また、欠陥部分の深さが浅いときは、補修用摩擦攪拌工具のピンの長さを摩擦攪拌接合用の接合工具のピンの長さよりも2mm以上短くすることもできる。しかし、2mm以上短くすることのメリットはほとんどない。

#### 【0007】

【実施態様2】実施態様2は補修用摩擦攪拌工具のピンの直径を摩擦攪拌接合工具のピン直径の1.0～1.2倍にしたことである。

【作用】補修用摩擦攪拌工具のピンの直径を摩擦攪拌接合用の接合工具のピン直径の1.0～1.2倍のものとしたことにより、補修のための摩擦攪拌熱による軟化幅が摩擦攪拌接合時の軟化幅とほぼ同じになるので、補修用摩擦攪拌による熱的影響の及ぶ範囲が、摩擦攪拌接合による範囲よりも広くなることが回避される。

#### 【0008】

【実施態様3】実施態様3は、補修用摩擦攪拌工具の回転速度を摩擦攪拌接合の接合工具の回転速度とほぼ同じにしたことである。

【作用】補修摩擦攪拌作業における摩擦攪拌工具の回転速度を摩擦攪拌接合時のそれと同じにすることにより、回転速度制御、送り制御などの運転制御を摩擦攪拌接合のそれと同じにすることができるので、摩擦攪拌接合装置による補修のための摩擦攪拌作業を簡単、容易にすることができる。

#### 【0009】

【実施態様4】実施態様4は、上記解決手段を適用するについて、接合される板厚よりも開先部を厚くしたことである。

【作用】開先部の上面は摩擦攪拌接合によって若干削られ（ほぼ厚さ0.1mm）、さらに補修用摩擦攪拌工具で攪拌されるとことになるから、補修された接合部の厚さが小さくなる。接合される板厚よりも接合部を厚くしたことで、補修された摩擦攪拌接合部の厚さが低下しても、その部分の強度が低下するのを防止できる。この実施態様4は、板材の構造に関わりなく適用されることであるが、リブ付アルミ押出型材を接合するときは、接合部が2つのリブの間に介在することによって接合部の板厚を厚くすることには全く問題がないから、リブ付アルミ押出型材に適用するのに適している。

#### 【0010】

【実施の形態】次いで図面を参照して実施の形態を説明する。この実施の形態の摩擦攪拌接合装置は、厚さ4.5mm、長さ8mのアルミ板P、Pを接合するものであり、摩擦攪拌接合の接合工具Tのピン1の直径5mm、ピン1の長さ $l_1$ は4.5mm、回転速度1750rpm、前進速度600mm/分で接合するものである。ヘッドHは接合されるアルミ板P、Pを突き合わせた開先42に沿って移動して突き合わせ面を摩擦攪拌接合する。補修用摩擦攪拌工具Taも基本的には図示の接合工具Tと違いはなく、そのピン1aの直径も同じであるが、ピン1の長さ $l_1$ は4.0mmであり、接合工具Tのピン1の長さよりも0.5mm短い。摩擦攪拌接合による継ぎ手を超音波探傷して、図3(a)に示すようなトンネルなどによる接合不良部を10カ所特定し、これについて補修作業を行った。このときの前進速度（送り速度）を摩擦攪拌接合時の前進速度と同じ600mm/分にした。

【0011】以上のようにして補修した補修部分を超音波探傷し、さらにその断面、表面を目視検査した結果、内部欠陥に接合不良部はゼロであり、また断面の目視検査結果も接合不良部はゼロであった。さらに表面について目視検査したが、補修した表面は極めて平滑であり、表面加工を必要とする程に凹凸である部分もなかった。また、リブ付アルミ型材については、図4に示すように、例えば板厚 $t$ が2.3mmの場合は、リブRの外側部分の板厚 $l_1$ を4.5mmにすればよい。この例では接合部の厚さが板厚 $t$ よりも2.2mm厚いから、補修による接合部の厚さ減少を勘案しても、継ぎ手全長について高い継ぎ手効率を確保することができる。

#### 【0012】

【発明の効果】以上述べたとおり、この発明は、摩擦攪拌接合の接合不良部を、接合用工具とほぼ同じで、ピンの長さが若干短い補修用摩擦攪拌工具で再度摩擦攪拌して補修するものであるから、摩擦攪拌接合装置をそのまま使って補修作業を行うことができるので、補修作業を簡単容易に行うことができる。したがって、補修コストを大きく低減することができる。また、補修のために特別な熱的影響を接合部に与えることはなく、また接合部の組織的不連続部も生じないから、補修のために接合継ぎ手の品質が低下することも、継ぎ手効率が低下することもなく、接合表面の平滑さが損なわれることもない。また、補修時に軟化した材料が逸出することもないから、補修部分の表面を特別に仕上げ加工する必要も、また、熱処理する必要もない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】は摩擦攪拌接合装置の斜視図である。

【図2】(a)は図1のY-Y断面図であり、(b)はこの発明の実施の形態の同断面図である。

【図3】(a)は摩擦攪拌接合継ぎ手におけるトンネル

発生による接合不良を模式的に示す斜視図であり、

(b)は接合表面のくぼみによる接合不良を模式的に示す斜視図である。

【図4】この発明を適用するリブ付アルミ型材の継ぎ手部の断面図である。

【符号の説明】

P：アルミ板材

R：リブ

\* T：摩擦複接合工具

Ta：縮修用摩擦複接合工具

l<sub>1</sub>：摩擦複接合工具のピンの長さ

l<sub>2</sub>：縮修用摩擦複接合工具のピン

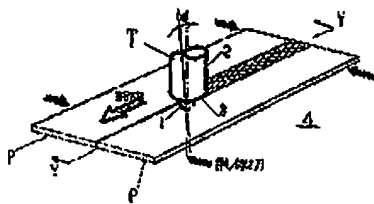
1：摩擦複接合工具のピン

1a：縮修用摩擦複接合工具のピン

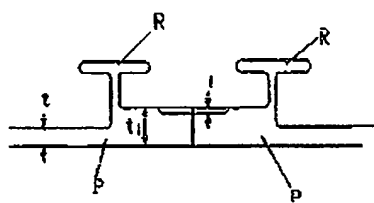
2：摩擦複接合工具の本体

\* 3：摩擦複接合工具の肩部

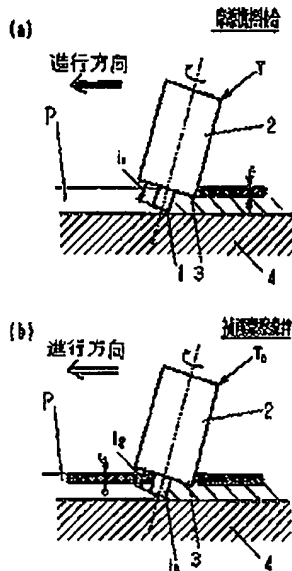
【図1】



【図4】



【図2】



【図3】

